



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 37 00 792.0-33  
②② Anmeldetag: 13. 1. 87  
④③ Offenlegungstag: 21. 7. 88  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 22. 8. 96

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Hoegl, Helmut, Dr., 82049 Pullach, DE; Kern, Ralf M.,  
Dipl.-Ing., 82335 Berg, DE

⑦④ Vertreter:

Kern, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80686 München

⑥② Teil in: P 37 45 132.4

⑦② Erfinder:

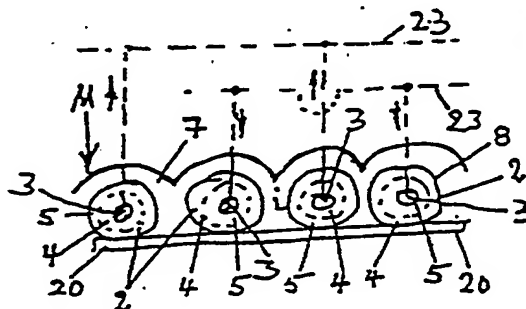
gleich Patentinhaber

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	33 17 309 A1
DE	33 02 934 A1
DE	32 10 492 A1
DE	30 13 991 A1
GB	15 26 823
US	46 17 421
US	48 14 835
US	43 78 460
US	39 84 256
US	32 55 047
EP	00 54 420 A2
WO	84 04 425
JP	59-1 44 177 A

⑤④ Photovoltaische Solarzellenanordnung und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤⑦ Photovoltaische Solarzellenanordnung mit mindestens zwei Solarzellen-Elementen (2), welche je eine mit einer photovoltaisch wirksamen Schicht (6; 4, 5) beschichtete Elektrode (3) aufweisen und von denen die Elektrode mindestens eines der zwei Solarzellen-Elemente langgestreckt ausgebildet ist und bei der die Elektrode des einen Solarzellen-Elements jeweils die Gegenelektrode des anderen Solarzellen-Elements und umgekehrt bildet, wobei die Außenseiten der einander benachbarten Solarzellen-Elemente entgegengesetzte Ladungs-Polarität besitzen und unmittelbar miteinander in elektrisch leitendem Kontakt stehen.



Die Erfindung betrifft eine photovoltaische Solarzellenanordnung mit mindestens zwei Solarzellen-Elementen, welche je eine mit einer photovoltaisch wirksamen Schicht beschichtete Elektrode aufweist und von denen die Elektrode mindestens eines der zwei Solarzellen-Elemente langgestreckt ausgebildet ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung solcher Solarzellen.

Langgestreckte Solarzellenelemente sind in Form von photovoltaisch wirksam beschichteten Drähten, welche die eine Elektrode bilden, bekannt, wobei die jeweilige stromleitende Gegenelektrode an der Außenfläche der photovoltaischen Beschichtung vorgesehen ist, wie gemäß der JP 59-144 177 A.

Auch gemäß der WO 84/04425 A1 sind je langgestrecktem Solarzellen-Element gesonderte Gegenelektroden notwendig, wenn eine Spannungsverdoppelung durch Verwendung von p/n- und n/p-Dioden erreicht werden soll.

Aus der DE 33 02 934 A1 ist eine photovoltaische Solarzellenanordnung bekannt, die in Form eines Gewebes ausgebildet ist. Sie weist zwei Gruppen von Fasern auf, wobei die Fasern jeder Gruppe im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und sich die Fasern beider Gruppen kreuzen. Die Fasern der einen Gruppe sind mit einer Beschichtung aus Halbleitermaterial versehen, auf dem sich Metallkontakte zur elektrischen Kontaktierung der Fasern der anderen Gruppe befinden.

Demgegenüber löst die Erfindung die Aufgabe, durch eine vereinfachte Elektrodenanordnung den Aufbau und deren Herstellung der langgestreckten Solarzellen-Elemente zu vereinfachen und den Wirkungsgrad zu verbessern, indem gesonderte Gegenelektroden entfallen können.

Die Erfindung besteht dafür in einer photovoltaischen Solarzellenanordnung mit mindestens zwei Solarzellen-Elementen, welche je eine mit einer photovoltaisch wirksamen Schicht beschichtete Elektrode aufweisen und von denen die Elektrode mindestens eines der zwei Solarzellen-Elemente langgestreckt ausgebildet ist und bei der die Elektrode des einen Solarzellen-Elements jeweils die Gegenelektrode des anderen Solarzellen-Elements und umgekehrt bildet, wobei die Außenseiten der einander benachbarten Solarzellen-Elemente entgegengesetzte Ladungs-Polarität besitzen und unmittelbar miteinander in elektrisch leitendem Kontakt stehen.

Statt über jeweils gesonderte Gegenelektroden sind zur Erzielung einer Doppelspannung erfindungsgemäß die entgegengesetzten Ladungs-Polaritäten zweier miteinander benachbart angeordneter Solarzellen-Elemente über ihre Außenseiten direkt radial über ihre Umfangsflächen miteinander elektrisch leitend verbunden.

Diese Solarzellen-Elemente sind nachstehend auch als "faden- bzw. drahtförmige Solarzellen" bezeichnet. Sie besitzen in ihrer Mitte eine elektrisch leitende, faden- bzw. drahtförmige Elektrode, insbesondere z. B. aus dünnem Metalldraht oder metallisierten Gewebefäden, welche mit photovoltaisch wirksamen Halbleitermaterial beschichtet ist, wobei das gegenpolige Abgreifen der unter Lichteinfluß im Halbleitermaterial entstandenen elektrischen Ladungsträger derart erfolgt, daß sich je Solarzelle nur zwei gegenpolige Anschlüsse ergeben, nämlich an den zwei Elektroden in der Mitte der zwei Solarzellen-Elemente einer Solarzelle — nachstehend Mittelelektroden genannt.

Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zur wirtschaftlichen Herstellung der erfindungsgemäßen Solarzellenanordnung sind in den Patentansprüchen 2 bis 25 definiert.

Der Begriff "faden- bzw. drahtförmig" schließt jede Querschnittsform der Mittelelektrode und der Halbleiterbeschichtung bzw. der äußeren Form der faden- bzw. drahtförmigen Solarzelle ein. Er umfaßt beispielsweise auch sowohl eine einfädige oder mehrfädige Mittelelektrode als auch eine flexible bzw. biegsame oder steife bzw. halbsteife Ausbildung der faden- bzw. drahtförmigen Solarzelle.

Mit den fadenförmigen Solarzellen wird im Vergleich zu plattenförmigen Solarzellen auf der dem Lichteinfall ausgesetzten Fläche eine um den Faktor  $\pi$  ( $\approx 3,14$ ) größere photowirksame Grenzschicht- bzw. Sperrschichtfläche, d. h. eine entsprechend höhere Stromleistung erreicht, bei zugleich kürzesten Strompfaden innerhalb der Zelle, nämlich linear radial einwärts bzw. auswärts zwischen zwei Mittelelektroden bzw. einem zugeordneten photovoltaischen Schichtpaar auf einer flächig ausgebildeten Gegenelektrode mit einer zur Seite des Lichteinfalls hin vorgesehenen photovoltaischen Beschichtung. Durch die Mittelelektrode wird mindestens 50% der vergrößerten Solarzellen-Grenzschichtfläche unbeschattet dem Lichteinfall ausgesetzt — zudem vorzugsweise auch in zylindrischer Form, d. h. von sich aus senkrecht zum Lichteinfall. Durch die die Mittelelektrode umhüllende Anordnung des photoaktiven Halbleitermaterials gewährleistet auch die übrige — hinter der Mittelelektrode liegende — Umfangsfläche der Grenzschicht der Solarzelle bevorzugt unter Lichtbrechung die photovoltaische Ausnutzung des eingefallenen Lichts. Aus ähnlichem Grunde kann die Oberfläche der faden- bzw. drahtförmigen Mittelelektrode auch metallisch verspiegelt sein.

Die faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen sind einerseits kontinuierlich mit Höchstgeschwindigkeit herstellbar, sowie zu den verschiedensten Parallel-Lagen und Geweben bzw. Vliesen und anderen Anordnungen kombinierbar und andererseits auch für die Verwendung nicht nur anorganischer, sondern vor allem auch organischer photovoltaisch wirksamer Stoffe bzw. Materialien anstelle der bisher allein verwendeten anorganischen Halbleitermaterialien einsetzbar. Gerade die Faden- bzw. Drahtform ist eine besonders vorteilhafte formmäßige Anpassung des Solarzellenaufbaus an derartige organische Materialien, welche nicht nur billiger in der Herstellung sind, sondern auch nahezu beliebig verformbar sowie in geringsten Schichtdicken herstellbar. Damit ist es mit den erfindungsgemäßen faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen auch möglich, diese z. B. in Form von Beschichtungen mit z. B. einem Gewebe daraus zum Bestandteil von Konstruktionselementen zu machen. Dazu würde die Auskleidung — oder auch die Verwendung als tragende Elemente — von sogar auch rund geformten Wandelementen von Windenergie-Rotoren, beispielsweise von Savonius-Windgeneratoren, zu rechnen sein. Bei ausschließlich drahtförmigen Solarzellen-Elementen ist ein beidseitiger Lichteinfall ausnutzbar.

Da die photovoltaisch wirksame Beschichtung mit organischen Materialien noch dünner oder auf einfache Weise auch dicker als bei polykristallinen oder amorphen anorganischen Materialien sein kann, ergibt sich auch

die Möglichkeit der Erhöhung des Absorptionskoeffizienten. Mit derartig dünnen, d. h. nur wenige  $\mu\text{m}$ -dicken Beschichtungen einer Mittelelektrode kann der Querschnitt der fadenförmigen Solarzelle vorwiegend von der Mittelelektrode eingenommen werden. Mit den herkömmlichen Techniken mit der auf der Lichteinfallseite angebrachten Elektrode sind derartig dünne Schichten kontaktmäßig nicht beherrschbar. Auch gewährleisten organische photovoltaisch wirksame Solarzellenschichten eine festere und dichtere Haftung an den Elektrodenoberflächen. 5

Als Material für die Mittelelektrode eignen sich z. B. elektrisch hochleitende Carbonfasern oder Metallfäden bzw. -drähte (z. B. aus Ag, Cu, Al, Fe, W, Ni, Zn etc.) oder deren und andere elektrisch leitende Legierungen. Eine Mittelelektrode kann auch aus mit Metallen oder Zinndioxid überzogenen Glasfasern oder z. B. auch aus nach bekannten Verfahren hergestellten metallisierten Textilfasern bestehen. Dabei können die Metallschichtdicken zwischen 0,5 bis 25  $\mu\text{m}$  liegen und darüberhinaus noch elektrochemisch verstärkt sein. 10

Als anorganisches Halbleitermaterial kommen die dafür bekannten Materialien wie Selen, Silizium, Kupferoxid ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), Kupfersulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) und Cadmiumsulfid ( $\text{CdS}$ ) etc. insbesondere in der bekannten p- und n-dotierten flächigen Doppelschichtform in Frage.

Als verwendete organische photovoltaisch wirksame Stoffe bzw. Halbleitermaterialien sind einerseits niedermolekulare photoaktive Donor-Verbindungen einsetzbar. 15

Es hat sich herausgestellt, daß fast jede organische aromatische bzw. heterocyclische Substanz geeignet ist, ausgenommen evtl. hygroskopische Substanzen. Elektronenabgebende Molekülgruppen sind bekanntlich Alkyl-, Alkoxy-, Aminogruppen usw. Als aromatische Donor-Substanzen kommen beispielsweise Anthracen, Chrysen, Pyren und Triphenylamin in Frage, als geeignete heterocyclische Donor-Substanzen z. B. Carbazol und 2-Bis-(4'-diäthylaminophenyl)-1,3,4-oxiadiazol. Diese Verbindungen müssen mit Hilfe inerter Bindemittel auf die Mittelelektrode bzw. auf die innere photoaktive Schicht aufgetragen werden. 20

Hochmolekulare bzw. -polymere Donor-Substanzen haben den besonderen Vorteil, daß sie auch ohne zusätzliche Binderharze aufgetragen werden können. Typische Vertreter dieser Klasse sind die Polyvinyl-Aromaten und -Heterocyclen sowie Polymerisate und Mischpolymerisate von aromatischen Substanzen, die an einem ankondensierten Ring eine Doppelbindung tragen, z. B. Poly-2-vinylnaphthalin, Poly-3-vinyl-pyren, Poly-N-vinylcarbazol, Poly-acenaphthylen. 25

Verwendbare organische niedermolekulare photoaktive Akzeptor-Verbindungen sind Substanzen, die stark elektronegativ polarisierende Reste bzw. Gruppierungen tragen, wie die Cyan- und die Nitrogruppe; Halogene wie Fluor, Chlor, Brom, Jod; Ketongruppen, Estergruppe, Säureanhydrid-Gruppe; Säuregruppen wie Carboxylgruppe oder die Chinongruppierung. Die aromatischen und heteroaromatischen Akzeptor-Substanzen sind selbst photoaktiv, insbesondere wenn sie mit geeigneten Donoren (wie vorstehend angegeben) dotiert werden. Sind die Akzeptor-Substanzen niedermolekular aufgebaut, d. h. also nicht harzartig, so erfordern sie zu ihrer Aufbringung als photoaktive Schichten des Zusatzes von geeigneten, inerten Binderharzen. 30

Typische Beispiele von Elektron-Akzeptoren sind 1,5-Dinitronaphthalin, 2,4,7-Trinitrofluorenon, 4,7-trinitrofluorenon, Tetrachlor-phthalsäureanhydrid, 1,2-Benzo-anthrachinon, 9-Acetyl-anthracen und s-Tricyanobenzol. 35

Hochpolymere Akzeptor-Substanzen, die stark elektronegativ polarisierende Reste enthalten, sind weniger häufig. Schwache Akzeptor-Polymere sind z. B. die aromatischen Polyester (wie das Polyäthylenglykolterephthalat) und die Polycarbonate.

In einer Ausgestaltung ist auch vorgesehen, anorganische Halbleitermaterialien und photoaktive organische Substanzen derart miteinander zu kombinieren, daß eine anorganische Donor-Schicht mit einer organischen Akzeptor-Schicht (hoch- oder niedermolekular) eine Sperrschicht-Anordnung bildet bzw. umgekehrt eine Donor-Schicht aus organischem Material mit einer Akzeptor-Schicht aus anorganischem Material. Auch die Einführung von Zwischenschichten aus intrinsisch wirksamen, undotierten (i-) Schichten kann aus organischem und/oder anorganischem Material kombiniert erfolgen. 40

Die photovoltaische Wirkung der vorgenannten Halbleitermaterialien, insbesondere jedoch der organisch photovoltaisch wirksamen Materialien, kann durch Einsatz von Farbsensibilisatoren verbessert werden. 45

Farbsensibilisatoren, die zur Verschiebung der Empfindlichkeit vom ultravioletten Bereich ins sichtbare Licht geeignet sind, weisen im allgemeinen selbst photoelektrische Eigenschaften auf, d. h. sie sind photoleitend und besitzen photovoltaische Eigenschaften. Ihre Dunkelleitfähigkeit ist jedoch generell höher als die der farblosen bzw. schwach gefärbten photoelektrischen Substanzen. 50

Die Farbsensibilisatoren haben schon in sehr geringen Farbstoffmengen, beispielsweise von weniger als 0,01 Gewichtsprozent, sensibilisierende Effekte. Im allgemeinen setzt man den photoaktiven Schichten jedoch 0,01 bis 5 Gewichtsprozent, vorzugsweise 0,05 bis 3 Gewichtsprozent, Farbsensibilisator zu. 55

Als gut, teilweise sehr gut brauchbare Farbsensibilisatoren eignen sich z. B.:

Triarylmethanfarbstoffe, wie Brillantgrün, Methylviolett;

Xanthenfarbstoffe, wie Rhodamin B, Rhodamin 6G;

Phthaleine, wie Eosin A, Rose bengale und Fluorescein;

Thiazinfarbstoffe, wie Methylenblau;

Acridinfarbstoffe, wie Acridingelb, Acridinorange;

Chinolinfarbstoffe;

Cyaninfarbstoffe. 60

In einer Ausgestaltung ist auch die Verwendung von Aktivatoren zur Sensibilisierung der photoaktiven Substanzen vorgesehen, welche sich besonders in Kombination mit organischen photoaktiven Substanzen einsetzen lassen. 65

Aktivatoren weisen selbst keine photoelektrischen Eigenschaften auf, vermögen jedoch die Lichtempfindlichkeit photoaktiver Substanzen oft ganz beträchtlich zu steigern. Sehr viele photoaktive Substanzen absorbieren das Licht bevorzugt im ultravioletten Bereich (wie z. B. Polyvinyl-carbazol und Polystyrol). Man kann ihre

Empfindlichkeit dadurch steigern, daß man aktivierende Substanzen zufügt, die mit ihnen sog. Charge-transfer-Komplexe zu bilden vermögen. Sie kommen in Molekülkomplexen des Donor-Akzeptor-Typs (Chargetransfer-Komplexe) entweder als Elektron-Donoren ("Lewis-Säuren"), wie z. B. Chlorwasserstoff HCl, organische Carbon- und Sulfonsäuren, Metallhalogenide) oder als Elektron-Akzeptoren ("Lewis-Basen", wie z. B. Natriumhydroxid NaOH, Ammoniumverbindungen) in Frage.

Die Aktivatormenge, die man den photovoltaischen Stoffen zweckmäßig zusetzt, schwankt je nach dem Trägersubstrat und beträgt im allgemeinen etwa 0,01 bis 100 Mol, bezogen auf 1000 Mol der photoaktiven Substanz. Es können auch Gemische mehrerer Aktivatoren verwendet werden. Ferner können zusätzlich auch noch Sensibilisator-Farbstoffe zugesetzt werden.

Man kann durch Zugabe dieser aktivierenden Substanzen photoleitfähige Schichten herstellen, die eine hohe Lichtempfindlichkeit, besonders im ultravioletten Bereich, besitzen und praktisch farblos sind. Es besteht somit die Möglichkeit, mit ihrer Hilfe die photoaktiven Schichten im ultravioletten Bereich stark zu aktivieren und dann durch einen sehr geringen Zusatz von Farbsensibilisator auch eine hohe Empfindlichkeit im sichtbaren Licht zu erhalten, ohne daß soviel Farbsensibilisator zugegeben werden muß, daß die Schicht stark gefärbt ist.

Der Einsatz organischer photovoltaischer Verbindungen ergibt eine große Fülle von Kombinationsmöglichkeiten auch mit Aktivatoren und/oder Farbsensibilisatoren. Dies ist von großem Vorteil für die optimale Nutzung der verfügbaren Lichtstrahlen. Die organischen Substanzen können sowohl als Einzelschichten mit anorganischen photoaktiven Schichten eingesetzt werden. Es ergeben sich so die nachfolgenden Kombinationen (PVCA = Poly-N-vinylcarbazol, TNF = 2,4,7-Trinitrofluorenon mit einem geeigneten Kunststoff-Bindemittel, Chlorwasserstoffsäure und Natriumhydroxid = typische Lewis-Säure bzw. Lewis-Base, Rhodamin B und Methylenblau = willkürlich gewählter Farbsensibilisator).

Nr.	Photoaktive Einzelschichten Photoaktives Substrat	Dotierungsmittel	Aktivierungsmittel	Farbsensibilisator
1	PVCA-Donor	—	—	—
2	PVCA-Donor	TNF-Akzeptor	—	—
3	PVCA-Donor	—	HCl-Säure	—
4	PVCA-Donor	—	—	Rhodamin B
5	PVCA-Donor	TNF-Akzeptor	HCl-Säure	—
6	PVCA-Donor	TNF-Akzeptor	HCl-Säure	Rhodamin B
7	PVCA-Donor	—	HCl-Säure	Rhodamin B
8	PVCA-Donor	TNF-Akzeptor	—	Rhodamin B
9	TNF-Akzeptor	—	—	—
10	TNF-Akzeptor	PVCA-Donor	—	—
11	TNF-Akzeptor	—	NaOH-Base	—
12	TNF-Akzeptor	—	—	Methylenblau
13	TNF-Akzeptor	PVCA-Donor	NaOH-Base	—
14	TNF-Akzeptor	PVCA-Donor	NaOH-Base	Methylenblau
15	TNF-Akzeptor	—	NaOH-Base	Methylenblau
16	TNF-Akzeptor	PVCA-Donor	—	Methylenblau

Die oben erwähnten Donor-Schichten können mit den erwähnten Akzeptor-Schichten zu Doppelschichten miteinander kombiniert werden, die ihrerseits höhere Lichtempfindlichkeiten aufweisen als die Einzelschichten. Außerdem können organische Donor-Schichten mit anorganischen Akzeptor-Schichten kombiniert werden, wie z. B. Selenschichten mit PVCA-Schichten. Umgekehrt können anorganische Akzeptor-Schichten mit organischen Donor-Schichten zu Doppelschichten kombiniert werden.

Um bei den organischen Substanzen einen Volumen-Effekt wie bei den bekannten Sperrschichtphotozellen aus anorganischen Stoffen (z. B. aus Silizium) zu erzielen, muß man einen mindestens einige Hundertstel bis etwa zehn Mikrometer von der Oberfläche entfernten pn-Übergang schaffen. Der Leitungstyp der Schicht wird deshalb innerhalb eines Volumenbereichs nahe der Oberfläche in den entgegengesetzten Leitungstyp umgewandelt. Auf diese Weise ist es möglich, bei der Umwandlung von optischer in elektrische Energie sehr günstige Ausbeuten zu erreichen.

Dies wird beispielsweise durch die folgenden Kombinationsanordnungen erreicht.

	Photoaktive Doppelschicht-Fadenzellen Mittlelektrode	Photoaktive Schichten innen	außen	äußere Gegenelektrode der Fadenzelle	transparente Schutzhülle	
1	Cu-Draht	PVCa- Donorschicht + Zusätze wie oben	TNF- Akzeptorschicht + Zusätze	wendelförmig aufgebrachter Leitlack	Polymethyl- methacrylat	5
2	Aluminiumdraht, mit Cadmium überzogen	Selen-Akzeptor (aufgedampft)	PVCa- Donorschicht + Zusätze	aufgedampfter Zinndioxid- Leitkontakt	Polybutyl- methacrylat durch Glimm- entladung	10
3	Aluminiumdraht	amorphes Silizium aufgedampft p-leitend durch Bor-Dotierung	TNF- Akzeptorschicht + Zusätze	Leitlack	Polymethyl- methacrylat	15

Die erfindungsgemäße Solarzellen-Anordnung, insbesondere die Schaltungs-Zuordnung von parallel nebeneinander angeordneten Mittlelektroden bzw. faden- oder drahtförmigen Solarzellen, erlaubt zudem eine erweiterte Kombinationsmöglichkeit von p-i-n-Schichtanordnungen, d. h. also die Einfügung einer bekannten, vorzugsweise völlig undotiert wirkenden intrinsischen (i-) Schicht jeweils im Übergang von der p- zur n-Schicht bzw. von der n- zur p-Schicht oder in Form von Tandem- (also 2-fach Serienschaltungs-) Anordnungen, d. h. also als (Elektrode- p-n-i-p-n-Elektrode) — Schichtanordnung z. B. zwischen jeweils zwei nebeneinander liegenden Mittlelektroden, welche auf diese Weise zu Gegenelektroden voneinander werden. In dieser Schichtanordnung kann auch jeweils zwischen der p- und n-Schicht, d. h. als verstärkte Sperrschicht, noch eine weitere intrinsische (i-)Schicht vorgesehen sein.

Diese Solarzellen-Ausführung wird durch eine Elektroden-Anordnung erreicht, bei der parallel nebeneinander oder auch übereinander und im Winkel zueinander liegende faden- bzw. drahtförmige Mittlelektroden über ihre umhüllenden photoaktiven Schichten elektrisch miteinander elektrisch verbunden sind. Dies gilt auch dann, wenn die flächige Gegenelektrode längs in Streifen bzw. Bänder unterteilt ist.

Wenn die faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen-Elemente in gewebter bzw. geflochtener Anordnung miteinander verbunden sind, dann können die Schuß- und die Kettfäden im Querschnitt auch in jeweils entgegengesetzter p-n-Schichtanordnung (oder p-i-n-Schichtanordnung) aufgebaut sein, so daß sich über die Schuß- und Kettfädenkontaktpunkte eine Tandem-Schaltung ergibt und die Mittlelektroden beider Fadenarten an jeder Fadenkreuzung in Serie geschaltet sind. Dafür können die Kettfäden oder die Schußfäden (oder auch beide) zusätzlich mit einer Außenschicht aus intrinsischem (i-) Material versehen sein, über die der Tandemkontakt stattfinden kann. Auch kann an diesen Gewebe-Kreuzungspunkten eine Verschmelzung bzw. elektrisch leitende feste Verbindung der sich jeweils kreuzenden Fäden gegeben sein.

In einfachster Form jedoch kann ein Gewebe in Schuß- und Kettrichtung aus gleich aufgebauten faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen-Elementen aufgebaut sein, welche mit der Außenseite ihrer Halbleiterschicht-Umhüllung elektrisch mit einer (auf der lichtabgewandten Seite angeordneten) — vorzugsweise flächigen, auch folienartigen — mit entgegengesetzter Polarität beschichteten Gegenelektrode elektrisch verbunden sind.

Auch die vorgenannten flächigen und mit entgegengesetzter Polarität beschichteten Gegenelektroden können reflektierend ausgeführt sein. Die insbesondere im Querschnitt runde bzw. konvexe Form der Oberfläche eines Solarzellen-Elements gewährleistet einerseits einen auf den Sonnenstand stets senkrecht, d. h. reflexionsfrei ausgerichteten Oberflächenabschnitt als auch andererseits eine Absorption des aufgenommenen Lichts durch Reflexion an den Grenzschichten der Innenbereiche des Solarzellen-Elements. Dafür lassen sich aber auch andere Querschnittsformen der Solarzellen-Elemente bilden, beispielsweise mit ovalem oder prismenförmigem Querschnitt. Die Verwendung kombinierter organischer und/oder anorganischer Solarzellenschichten vergrößert zudem die Auswahl von Stoffen mit hohem Unterschied im Brechungsindex und damit eine verbesserte Nutzung der Totalreflexion einmal aufgenommenen Lichts.

Mehrere faden- bzw. drahtförmige Solarzellen-Elemente können auch (im Querschnitt gesehen) ringförmig bzw. als Bündel angeordnet sein bzw. auch seilartig ineinander verdreht sein.

In besonders vorteilhafter Ausführungsform kann die äußere Mittlelektrode auch aus einem elektrisch leitendem Kunststoff bestehen, wofür sowohl leitfähige Polymercompounds als Polymere mit sog. intrinsischer elektrischer Leitfähigkeit verwendet werden können. Die leitfähigen Polymercompounds sind Kunststoffe mit eingearbeiteten leitfähigen Füllstoffen, wie z. B. Aluminiumpulver, Graphitpulver oder Ruß, und Stahlfasern. Als intrinsisch leitfähige Kunststoffe kommen mit geeigneten Elektronendonatoren (z. B. Metallatome) bzw. Elektronen-Akzeptoren (z. B. Jod-Atomen) dotierte Kunststoffe, wie z. B. Poly-acetylen, Poly-pyrrol, Poly-paraphenylen, Poly-phenylen-sulfid, Poly-thiophen sowie polymere Metallkomplexe des Phthalocyanins, insbesondere auch Coextrudate des Aramid-Polymers mit Phthalocyanin-Polymeren, in Frage.

Zwecks verstärkter flächenartiger Nutzung können auch mehrere Parallel-Lagen von Solarzellen-Elementen schichtartig übereinander angeordnet sein, und zwar derart, daß die Mittlelektroden der übereinander befindlichen Schichten auf Lücke versetzt zueinander liegen. Dabei können die verschiedenen Lagen zwecks vollständiger Nutzung des Licht-Wellenspektrums sowohl aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien bestehen, als auch

verschiedene Fadendurchmesser aufweisen.

Alternativ dazu können die einzelnen Mittelelektroden entweder von übereinander liegenden Schichten als auch der nebeneinander angeordneten Solarzellen-Elemente bei entsprechender p-n- bzw. n-p-Beschichtung bzw. p-i-n- oder n-i-p-Beschichtung auch wechselweise zueinander als Gegenelektroden in Tandem-Schaltung dienen.

Die drahtförmigen Solarzellen-Elemente können andererseits auch als elektrischer Schutzüberzug mit einem Deck- oder Isolierharz versehen sein, welcher auch gegen oxidativen Abbau und Lichtalterung wirksam ist.

Mittels Polymerisation z. B. der Monomere Methylmethacrylat, n-Butylmethacrylat oder Äthylsilikat durch Glimmentladung wird die photoaktive Schicht, gegebenenfalls einschl. ihrer Gegenelektrode, mit einer festen, durchgehend polymerisierten und homogenen dielektrischen Schicht von 0,01 bis 1 Mikrometer mit hohem Widerstand überzogen.

Dieser Schicht können zur Erhöhung des Wirkungsgrades auch Fluoreszenzfarbstoffe beigelegt sein, die eine Wellenlängentransformation in den Absorptionsbereich der photoaktiven Sperrschicht bewirken.

Für die Herstellung eines elektrisch isolierenden Schutzüberzugs kann jedes geeignete transparente und nichtleitende natürliche und künstliche Harz herangezogen werden. Als elektrisch isolierende Kunststoffe kommen sowohl thermoplastische Polymere als auch härtbare Form- und Preßmassen in Frage, wie z. B. Polyäthylen und andere Polyolefine, sowie Vinyl-Polymere und Copolymere, insbesondere jedoch die verschiedenen Methacrylate und halogenartigen Vinylpolymere, Polyäther, Polycarbonate, Polyimide, Polyester, Polyacetate, Polyamide, Polyesterimide, Polysulfone, Polyurethane, Silikonharze, Zellulose-Derivate. Des weiteren die Phenoplaste, Aminoplaste, Alky-Harze, Polyesterharze, ungesättigte Polyester, Epoxid-Harze.

Die erfindungsgemäßen angeordneten faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen lassen sich auch in verschiedensten anderen Formen verwenden, so z. B. als Außenwand- und Innenwandauskleidungen (z. B. als strukturierte Tapeten), als Gardinen zur Ausnutzung von Fensterflächen und beispielsweise auch zur Hydrolyse von Wasserstoff mit vergrößerter aktiver Elektroden-Oberfläche wie z. B. in der bekannten Fujishima-Honda-Zelle ( $\text{TiO}_2$  — evtl. Strontium dotiert — bzw. mit anderen anorganischen oder organischen Halbleitern überzogene Mittelelektroden) als Anode zur Wasserstoffherstellung. Dabei erreicht man mit der Verwendung als Tandemzellen eine direkt für die Hydrolyse anwendbare Spannung. Für diese Verwendung eignen sich auch die vliesartigen Anordnungen.

Mehrere Ausführungsformen der Erfindung werden nachstehend anhand von Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 eine teilweise weggebrochene, perspektivische Darstellung einer Grund-Ausführungsform einer Solarzellen-Anordnung,

Fig. 2 eine teils weggebrochene, perspektivische Darstellung eines einzelnen Solarzellen-Elements aus der Anordnung nach Fig. 1,

Fig. 3 eine Querschnitts-Darstellung einer Ausführungsform eines Solarzellen-Elements insbesondere nach Fig. 2,

Fig. 4 eine Querschnitts-Darstellung einer abgewandelten Ausführung eines Solarzellen-Elements z. B. nach Fig. 2,

Fig. 5 eine teilweise weggebrochene perspektivische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Solarzellen-Anordnung,

Fig. 6 eine teilweise weggebrochene Längsschnitt-Darstellung durch eine in Form eines Gewebes abgewandelte Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 7 eine teilweise weggebrochene perspektivische Darstellung einer weiteren Abwandlung der Erfindung,

Fig. 8 eine Draufsicht auf eine teilweise weggebrochene, schematische Darstellung einer in Form eines Vlieses abgewandelten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 9 einen Querschnitts-Abschnitt einer flächigen Anordnung von abgewandelten Solarzellen-Elementen der erfindungsgemäßen Solarzellen-Anordnung gemäß Fig. 1,

Fig. 10 einen Querschnitts-Abschnitt einer Anordnung einer anderen Ausführungsform von Solarzellen-Elementen der erfindungsgemäßen Solarzellen-Anordnung analog etwa gemäß Fig. 5,

Fig. 11 eine schematische — im Querschnitt wiedergegebene — Darstellung einer tandemmäßig bzw. in Serie geschalteter Solarzellen-Anordnung mit abgewandelter Elektrodenanordnung,

Fig. 12 eine schematische — querschnittsmäßig wiedergegebene — Darstellung einer Lage von parallel zueinander angeordneten Solarzellen mit alternierend wechselndem Halbleiterschichtaufbau,

Fig. 13 eine Abwandlung der Ausführungsform von Fig. 12,

Fig. 14 eine weitere Abwandlung der Ausführungsform von Fig. 12,

Fig. 15 eine doppelagige Ausführungsform mit geändertem Fadenquerschnitt,

Fig. 16 eine zusätzliche abgewandelte Ausführungsform, sowie

Fig. 17 einen Teilquerschnitt durch eine weiter abgewandelte Kombinations-Ausführungsform der Erfindung.

Die aus Fig. 1 ersichtliche Solarzellen-Anordnung 1 dient lediglich zur Erläuterung und besteht aus einer Anzahl parallel nebeneinander angeordneter faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen-Elementen 2, die einander mit ihren Außenseiten 10 nicht berühren und jeweils um eine Mittelelektrode 3 eine photovoltaisch wirksame Schicht 6 aus einem Halbleitermaterial aufweisen, welche koaxial um die Mittelelektrode 3 aus verschiedenen Schichten aufgebaut ist, nämlich gemäß Fig. 3 (von der Mittelelektrode aus gerechnet) einer p-Halbleiterschicht 5, einer n-Halbleiterschicht 4, einem zwischen diesen beiden gebildeten Übergang 8 und einer die Außenseite 10 schützende Isolationsschicht 17, welche auch eine auf der Außenseite 10 der Schicht 6 vorhandene Gegenelektrode 9 umschließen kann.

Die Herstellung der faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen erfolgt dahingehend kontinuierlich, daß die Mittel-



elektrode als praktisch unendlich langer Faden nacheinander jeweils notwendige Oberflächen-Reinigungs- und Beschichtungsstationen durchläuft. Dabei wird sie zunächst mittels Glimmentladung gereinigt, dann durch Kathodenzerstäubung mit einer dünnen, elektrisch leitenden Schicht eines Haftvermittlers versehen, um einen guten elektrischen Kontakt der nachfolgend aufzubringenden lichtelektrisch wirksamen Schichten zu gewährleisten.

Die photoaktiven, d. h. photoelektrischen bzw. photovoltaischen Einzel- oder Doppelschichten 6; 4, 5 werden nacheinander in aufeinanderfolgenden Stationen als dünne, zusammenhängende, gleichmäßig dicke Schichten auf die faden- bzw. drahtförmige Mittelelektrode 3 aufgetragen.

Zur Herstellung einer photoelektrischen Schicht aus niedermolekularen photoaktiven Verbindungen löst man diese vorteilhaft in organischen Lösungsmitteln (wie Benzol, Aceton, Methylenchlorid, Äthylenglykolmonoäthyläther usw.) oder in Gemischen von solchen Lösungsmitteln. Man fügt zweckmäßig noch geeignete Bindemittel (künstliche oder natürliche Harze) zu und Dotierungsmittel sowie gegebenenfalls Farbsensibilisatoren zu. Verwendet man die photoaktiven Verbindungen in Mischungen mit harzartigen Bindemitteln, so können die Mengenverhältnisse zwischen Harz und photoaktiver Substanz in weiten Grenzen schwanken. Gemische aus 2 Teilen Harz und 1 Teil photoaktiver Substanz bis zu Gemischen, die 2 Teile photoaktiver Substanz auf 1 Teil Harz enthalten, sind vorzuziehen. Besonders günstig sind Gemische beider Substanzen im Gewichtsverhältnis von etwa 1 : 1.

Ist die photoaktive Schicht selbst ein hochpolymerer Stoff, so erübrigt sich die Zugabe eines Bindemittels und man fügt der Lösung der polymeren photoelektrischen Substanz die gewünschten Dotierungsmittel und Farbsensibilisatoren zu.

Die Aufbringung der Beschichtung kann z. B. durch Eintauchen, Aufstreichen oder Auftragen mittels Walzen oder Aufsprühen erfolgen. Verbleibende Lösungsmittel werden durch Erwärmung entfernt.

Darüber hinaus kann die Beschichtung der Solarzellen-Elemente auch im Siebdruck durch Aufdampfen oder Aufsprühen auf die Mittelelektrode oder im Ziehverfahren durch eine Düse aufgebracht werden. In einem Zuge im Verlauf dieses kontinuierlichen Verfahrens erfolgen auch die notwendigen Dotierungen der einzelnen Schichten an den jeweiligen Zwischenstufen der Beschichtung, ebenso eventuelle Zwischenerwärmungen, wobei auch eine induktive Beheizung der jeweiligen Beschichtung und/oder über die metallische Mittelelektrode von innen her vorteilhaft sein kann.

Analog ist über die metallische Mittelelektrode wenigstens am Anfang des kontinuierlichen Verfahrens auch eine Widerstandsbeheizung durch die fadenartige Elektrode selbst möglich.

Für die Aufbringung der Gegenelektrode 9 auf die Außenseite 10 der photoaktiven Schicht 6 können verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen, wie z. B. chemische und galvanische Metallisierungsverfahren, das Kaschieren mit Metallfolien, die Metallbedampfung, das Flammgespritzen, die Kathodenzerstäubung, das Plasmaverfahren und die Verwendung von metallischen oder graphitgefüllten Anstrichstoffen.

Die im Querschnitt halbkreisförmige Gegenelektrode 9 gemäß Fig. 3 kann mittels Aufsprühen durch eine Maske von einer Seite erfolgen, wobei die dem Sprühstrahl abgewandte Seite der fadenförmigen Solarzelle unbeschichtet bleibt. Auf diese Weise wirkt die halbkreisförmige, d. h. generell konkave Gegenelektrode 9, welche bevorzugt nach innen eine verspiegelte Oberfläche besitzt, als Hohlspiegel innerhalb der Solarzelle.

Nach der Fertigstellung des Schichtaufbaus der fadenförmigen Solarzelle werden die Fäden auf eine gewünschte Länge geschnitten und durch Entfernen der Beschichtung ein kurzer Kontaktbereich 3a (Fig. 1 und 2) der Mittelelektrode 3 freigelegt, an dem die Solarzelle dann elektrisch angeschlossen wird.

Je nachdem wie dick die Ummantelung mit photovoltaischen Schichten ist, kann die Mittelelektrode 3 den Hauptanteil des Zellenquerschnitts einnehmen, d. h. also bei besonders dünner organischer Ummantelung, wobei die Mittelelektrode 3 auch in voll metallischer Ausführung litzenartig dünn und damit flexibel bzw. biegsam sein kann.

Andererseits kann gemäß Fig. 4 das Verhältnis von Schichtdicke der Ummantelung zum Durchmesser der Mittelelektrode 3 auch zugunsten der Ummantelung verschoben sein.

Wenn keine äußere Gegenelektrode notwendig ist, dann kann die Isolation 17 unmittelbar um die Außenseite der photovoltaischen Schicht 6 liegen.

Auch der vorstehend beschriebenen Fig. 2 — 4 dienen lediglich der Erläuterung, während im folgenden Ausführungsformen der Erfindung beschrieben werden.

In Fig. 5 sind mehrere Lagen von fadenförmigen, zueinander parallel angeordneter Solarzellen übereinander angeordnet. Zusätzlich zu Parallel-Lagen 12, bei denen die einzelnen Solarzellen-Elemente 2 um eine Radiuslänge seitlich zueinander versetzt sind, damit sie sich mit ihren Mittelelektroden 3 nicht mehr als nötig abschatten, sind Solarzellen 2' mit kleinerem Querschnitt vorgesehen, welche in den Lücken der Rundquerschnitte angeordnet sind. In der Ausführungsform gemäß Fig. 5 können Solarzellen mit unterschiedlicher Lichtempfindlichkeit miteinander sein.

Die Solarzellen-Elemente 2 und 2' gemäß Fig. 5 berühren sich an ihrem Außenumfang eng bzw. dicht genug, um einen störungsfreien Fluß der elektrischen Ladungen über ihre äußeren Schichten zu gewährleisten. Sie besitzen auch keine Außenisolation, sondern leiten die durch den Lichteinfall 11 erzeugten elektrischen Ladungen direkt an eine flächenartige Metall- oder metallisierte bzw. elektrisch leitende Gegenelektrode 9 ab.

Die faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen-Elemente 2 können gemäß Fig. 6 auch als Gewebearrangement 13 mit Kett- und Schußfäden miteinander verbunden sind. Die einzelnen Solarzellen 2 dieser Gewebearrangement können entweder an der Unterseite der Gewebeknoten mit einer Gegenelektrode 9 elektrisch verbunden sein, so daß die elektrischen Ladungen zwischen den Mittelelektroden 3 und der flächigen Gegenelektrode 9 (die auch reflektierend ausgeführt sein kann) fließen.

Mittels Zusammendrücken oder temperaturmäßiger Behandlung oder einem elektrisch leitenden Klebemittel können die Außenseiten der Solarzellen an den Gewebe-Knotenpunkten eine Kontaktverstärkung 13a aufwei-

sen.

Wenn man die Kettfäden und die Schußfäden der Gewebe-Solarzellen-Anordnung gemäß Fig. 6 unterschiedlich, d. h. jeweils umgekehrt, in der Reihenfolge der Beschichtung mit den photoaktiven Schichten 4 und 5 aufbaut, dann können sie als Tandem-Zellen arbeiten (s. schematisch Fig. 11 bis 14), es steht dann eine n-aktive Oberflächenschicht der Schußfäden an den Knotenpunkten mit einer p-aktiven Oberfläche der Kettfäden in elektrischem Übergangskontakt. In dieser Anordnung bedarf es der flächigen Gegenelektrode 9 nicht mehr, sondern die elektrischen Ladungsträger werden (in verdoppelter Spannung) von den Mittelelektroden 3 der Kettfäden und den Mittelelektroden 3 der Schußfäden abgenommen. In dieser Ausführungsform läßt sich die Solarzellen-Anordnung 1 auch als teilweise lichtdurchlässige Gardine ausführen.

In analoger Weise läßt sich auf eine Vlies-Anordnung 14 gemäß Fig. 8 ermöglichen. Dabei sind die Mittelelektroden 3 direkt an Stromschienen 23 angeschlossen, während die Solarzelle 2 mit ihren Außenseiten elektrisch mit einer flächigen Stromleiterbahn 24 als Gegenelektrode verbunden sind.

Gemäß Fig. 9 und 10 können die einzelnen Solarzellen-Elemente 2 auch anderen als runden Querschnitt besitzen. Bei prismenförmigem Querschnitt (Fig. 9) kann die Ausbildung besonderer Prismenwinkel eine vorteilhafte Innen-Totalreflexion bewirken. Dabei kann auf der Lichteinfallseite 11 eine konvexe Oberflächenausbildung 18 vorliegen.

Die elliptische Ausbildung der Solarzellen 2'' in Fig. 10 kann auch durch nachträgliches Verpressen parallellanmäßig zusammengelegter Solarzellen-Elemente 2 mit zunächst rundem Querschnitt erreicht werden.

Der vorstehend beschriebene Schichtaufbau der Ummantelung in n- und p-Halbleiterschichten 4, 5 kann um die Kombination mit einer oder mehreren intrinsischen, vorzugsweise undotierten i-Schichten 7 ergänzt werden, wozu sich gerade der fadenförmige Aufbau der Solarzellen 2 besonders gut eignet.

Fig. 11 zeigt eine aus zwei Solarzellen-Elementen 2 bestehende Anordnung mit zwei Elektroden 3 mit ihren jeweiligen inversen photovoltaischen Schichten 6, deren Außenseiten 10 an der Kontaktstelle 10a in elektrisch leitendem Kontakt stehen.

Gemäß Fig. 12 sind mehrere Solarzellen 2 auf Abstand voneinander und parallel zueinander auf einem Träger 20 angeordnet. Je zwei benachbarte Solarzellen 2 besitzen einen jeweils umgekehrten Schichtaufbau, so daß jeweils zwei nebeneinanderliegende Mittelelektroden 3 die elektrischen Gegenpole bilden und an unterschiedliche Stromschienen 23 angeschlossen sind.

Statt einer eventuellen Kontaktverstärkung 13a in Fig. 6 sind in Fig. 12 und 13 die fadenförmigen Solarzellen 2 in eine i-Schicht 7 eingebettet und über diese miteinander in Tandem-Schaltung verbunden.

In Fig. 13 ist auch innerhalb der photovoltaisch wirksamen Schicht eine solche i-Schicht 7 zur Bildung des Halbleiter-Übergangs vorgesehen.

In Fig. 14 berühren sich die parallel nebeneinander angeordneten Solarzellen 2 über eine zusätzliche Ummantelung-i-Schicht 7.

Gemäß Fig. 15 liegt eine etwa Fig. 9 entsprechende Abwandlung einer lagenweisen Solarzellen-Anordnung 1 vor, und zwar unter Einfügung einer i-Schicht 7, welche gemäß Pfeil B auch bis an die lichtseitige Oberfläche der Anordnung ragt. In Fig. 15 sind die übereinanderliegenden Parallel-Lagen 12 unterschiedlich aufgebaut. Die Mittelelektroden 3 der oberen Parallel-Lage 12 sind mit einer n-Schicht 4 ummantelt, während die unteren Elektroden — als Gegenelektroden 9 — mit einer p-Schicht 5 ummantelt sind. Die Beschichtungen beider Elektroden sind mit einer i-Schicht 7 miteinander elektrisch verbunden.

Die angegebenen Ausführungsformen zeigen die Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten von faden- bzw. drahtförmigen Solarzellen auch in verschiedensten Elektrodenanordnungen auf.

Dabei können nebeneinander liegende Solarzellen-Elemente auch mit jeweils einer einzelnen photovoltaischen Schicht 5 und 4 beschichtet sein, die in einer auf der flächigen Gegenelektrode befindliche jeweils inverse Schicht 4 bzw. 5 eingebettet ist.

In Fig. 16 sind nebeneinanderliegende Solarzellen-Elemente, welche sich umfangsmäßig nicht berühren, auf einer mit photovoltaisch wirksamem Material beschichteten Gegenelektrode 9 angeordnet. Die oberste p-Schicht 5 der Beschichtung der Gegenelektrode steht dabei jeweils über eine i-Schicht (7)-Ummantelung auf einer n-Schicht 4 mit einer die Mittelelektrode 3 umgebenden p-Schicht 5 in Verbindung, so daß zwischen der Gegenelektrode 9 und der jeweiligen Mittelelektrode 3 eine Tandem-Zelle gegeben ist. Dabei ist die Einfügung einer i-Schicht bzw. auch weiterer i-Schichten ausdrücklich rein alternativ.

Gemäß Fig. 17 können bei der Kombination faden- bzw. drahtförmiger Solarzellen 2 mit flächigen Solarzellen-Strukturen die Kontaktflächen zwischen den verschiedenen Zellenarten durch einseitige Abflachung oder Materialabtragung Kontaktflächen-Vergrößerungen 25 geschaffen werden, um den Innenwiderstand der Solarzellen zu reduzieren. Alternativ können sich in Fig. 17 die einzelnen Solarzellen 2 auch seitlich eng evtl. ebenfalls abgeflacht berühren. Derartige Kontaktflächen-Vergrößerungen gelten gegebenenfalls auch für sämtliche vorhergehenden Ausführungsformen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Solarzellenanordnung
- 2 Faden- bzw. drahtförmige Solarzelle, Solarzellen-Element (2' kleiner Querschnitt) (2'' abgeflachter Querschnitt)
- 3 Mittelelektrode
- 3a Kontaktbereich
- 4 Halbleiterschicht (n)
- 5 Halbleiterschicht (p)
- 6 photovoltaische Schicht



7	intrinsische, undotierte i-Schicht	
8	Halbleiter-Übergang	
9	Gegenelektrode	
10	Außenseite der fadenförmigen Solarzelle	
10a	Kontaktstelle	5
11	Lichteinfall	
12	Parallel-Lagenanordnung	
13	Gewebeanordnung	
13a	Kontaktverstärkung	
14	Vlies-Anordnung	10
17	Isolationsschicht	
18	Oberflächenausbildung	
20	Träger	
23	Stromschiene	
24	(flächige) Stromleiterbahn	15
25	Kontaktflächen Vergrößerung	

### Patentansprüche

1. Photovoltaische Solarzellenanordnung mit mindestens zwei Solarzellen-Elementen (2), welche je eine mit einer photovoltaisch wirksamen Schicht (6; 4, 5) beschichtete Elektrode (3) aufweisen und von denen die Elektrode mindestens eines der zwei Solarzellen-Elemente langgestreckt ausgebildet ist und bei der die Elektrode des einen Solarzellen-Elements jeweils die Gegenelektrode des anderen Solarzellen-Elements und umgekehrt bildet, wobei die Außenseiten der einander benachbarten Solarzellen-Elemente entgegengesetzte Ladungs-Polarität besitzen und unmittelbar miteinander in elektrisch leitendem Kontakt stehen. 20
2. Photovoltaische Solarzellenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Solarzellen-Element eine flächig ausgebildete Gegenelektrode (9) mit einer zur Seite des Lichteinfalls hin vorgesehenen photovoltaischen Beschichtung (6; 4, 5) ist, wobei die photovoltaisch beschichtete langgestreckte Elektrode (3) in elektrisch leitendem Kontakt auf der Oberfläche der Beschichtung der Gegenelektrode angeordnet ist. 25
3. Photovoltaische Solarzellenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckte Elektrode (3) draht- oder fadenförmig ausgebildet ist. 30
4. Photovoltaische Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche ihrer Solarzellen-Elemente (2) je als langgestreckte, photovoltaisch beschichtete Elektroden (3) ausgebildet sind. 35
5. Solarzellenanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beschichteten langgestreckten Elektroden (3) auf seitlichem Abstand zueinander auf der Oberfläche der Beschichtung (6; 4, 5) der flächig ausgebildeten Gegenelektrode (9) angeordnet sind.
6. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei photovoltaischen Schichten (4 bzw. 5) mit entgegengesetzter Ladungs-Polarität eine elektrisch leitende intrinsische Schicht (7) angeordnet ist. 40
7. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten bzw. draht- oder fadenförmigen Elektroden (3) und Gegenelektroden parallel zueinander angeordnet sind.
8. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten Elektroden (3) bzw. Gegenelektroden nach Art der Fasern eines Vlieses (14) angeordnet sind, wobei die Enden der Elektroden (3) entgegengesetzter Ladungs-Polarität an Stromschienen (23) miteinander zusammengefaßt sind. 45
9. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die langgestreckten Elektroden (3) einerseits und die langgestreckten Gegenelektroden (3) andererseits jeweils parallel zueinander liegend in einem Winkel, insbesondere im rechten Winkel einander kreuzend angeordnet sind. 50
10. Solarzellenanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten Elektroden (3) die Kettfäden einer Gewebeanordnung (13) und die langgestreckten Gegenelektroden (3) deren Schußfäden bilden. 55
11. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Vlies bzw. das Gewebe lichtdurchlässig aufgelockert ausgebildet ist.
12. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen photovoltaischen Schichten (6; 4 bzw. 5) der Elektroden bzw. der Gegenelektroden für unterschiedliche Licht-Wellenlängen optimal empfindlich sind. 60
13. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die photovoltaischen Schichten (6; 4, 5) der Elektroden (3) und der Gegenelektroden aus unterschiedlichem photovoltaischen Grund-Material bestehen.
14. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten Elektroden und Gegenelektroden (3) in mehreren Lagen (12) übereinander angeordnet sind. 65
15. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten Elektroden (3) bzw. die Gegenelektroden unterschiedlich großen Querschnitt, bei rundem

Querschnitt unterschiedlichen Durchmesser, aufweisen.

16. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beschichteten Elektroden (3) bzw. die Gegenelektroden im Querschnitt polygonalen oder elliptisch abgeflachten Querschnitt aufweisen.

17. Solarzellenanordnung nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckten Elektroden (3) mit ihren jeweiligen Gegenelektroden miteinander verdreht oder seilförmig oder gebündelt angeordnet sind.

18. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der photovoltaischen Schichten der Elektroden (3, 9) bzw. Gegenelektroden aus photovoltaisch wirksamen, insbesondere vergleichsweise flexiblem, Kunststoff oder organischen Polymeren besteht.

19. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die photovoltaisch wirksam beschichteten langgestreckten Elektroden (3) in eine Schicht aus undotiertem, elektrisch leitendem intrinsischen Material eingebettet sind.

20. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (3) und/oder die Gegenelektroden und/oder die flächige Gegenelektrode (9) eine metallisierte bzw. reflektierende Oberfläche besitzen.

21. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung des elektrisch leitenden Kontakts der Außenseite der photovoltaischen Schichten (6; 4 bzw. 5) der Elektroden (3) und der Gegenelektroden untereinander bzw. zum elektrisch leitenden Träger (9) ein elektrisch leitender Klebstoff verwendet ist.

22. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die langgestreckte, faden- bzw. drahtförmige Elektrode (3) und/oder die Gegenelektrode aus nicht leitendem Kunststoff mit metallisch beschichteter, insbesondere reflektierender Oberfläche besteht.

23. Solarzellenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen photovoltaischen Schichten (6; 4, 5; 7) aus jeweils photoaktiven organischen und anorganischen Substanzen kombiniert sind.

24. Verfahren zur Herstellung einer Solarzellenanordnung mit faden- bzw. drahtförmigen Elektroden nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine faden- bzw. drahtförmige metallische bzw. elektrisch leitende Elektrode im kontinuierlichen Verfahren nacheinander Reinigungs-, Beschichtungs-, Dotierungs- und Wärmebehandlungsstufen unterworfen wird und die mit der fertigen photoaktiven Beschichtung versehenen kontinuierlichen Stränge mit an ihrer Außenfläche entgegengesetzter Ladungspolarität miteinander elektrisch leitend verbunden werden.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der fertigen photoaktiven Beschichtung versehenen kontinuierlichen Stränge in bestimmte Längen unterteilt und die Strangteilstücke mit der entgegengesetzten Ladungspolarität ihrer Außenflächen einander zugeordnet werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

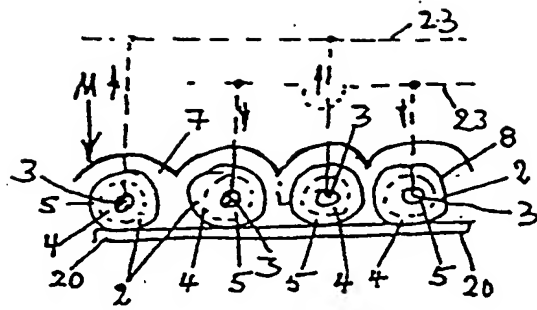


Fig. 12 \*

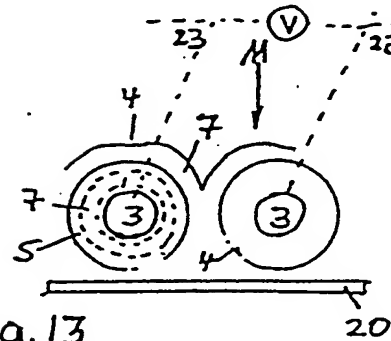


Fig. 13

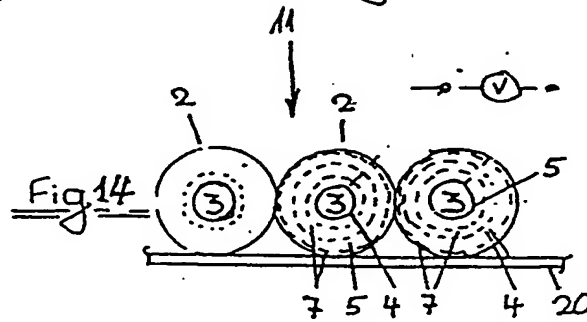


Fig. 14

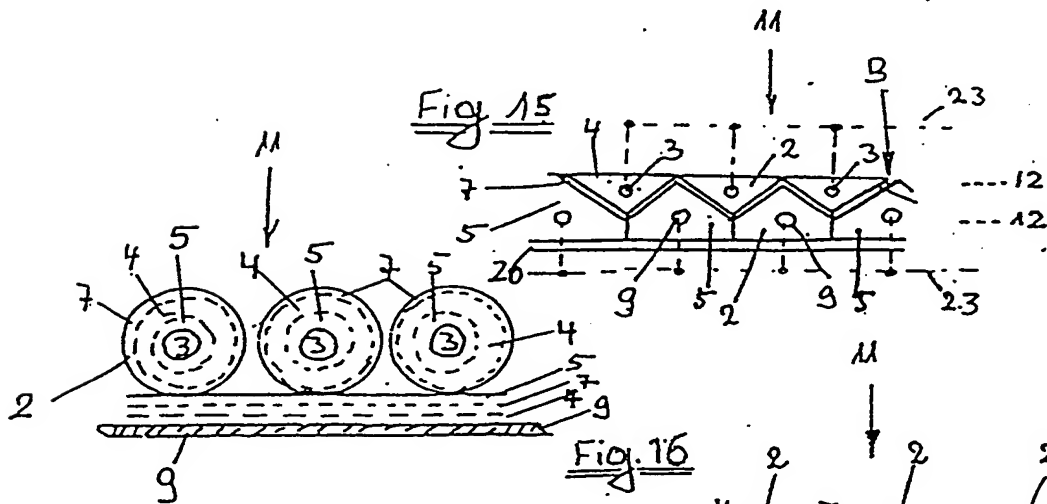


Fig. 15

Fig. 16

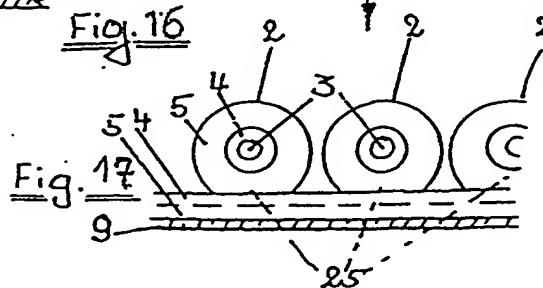
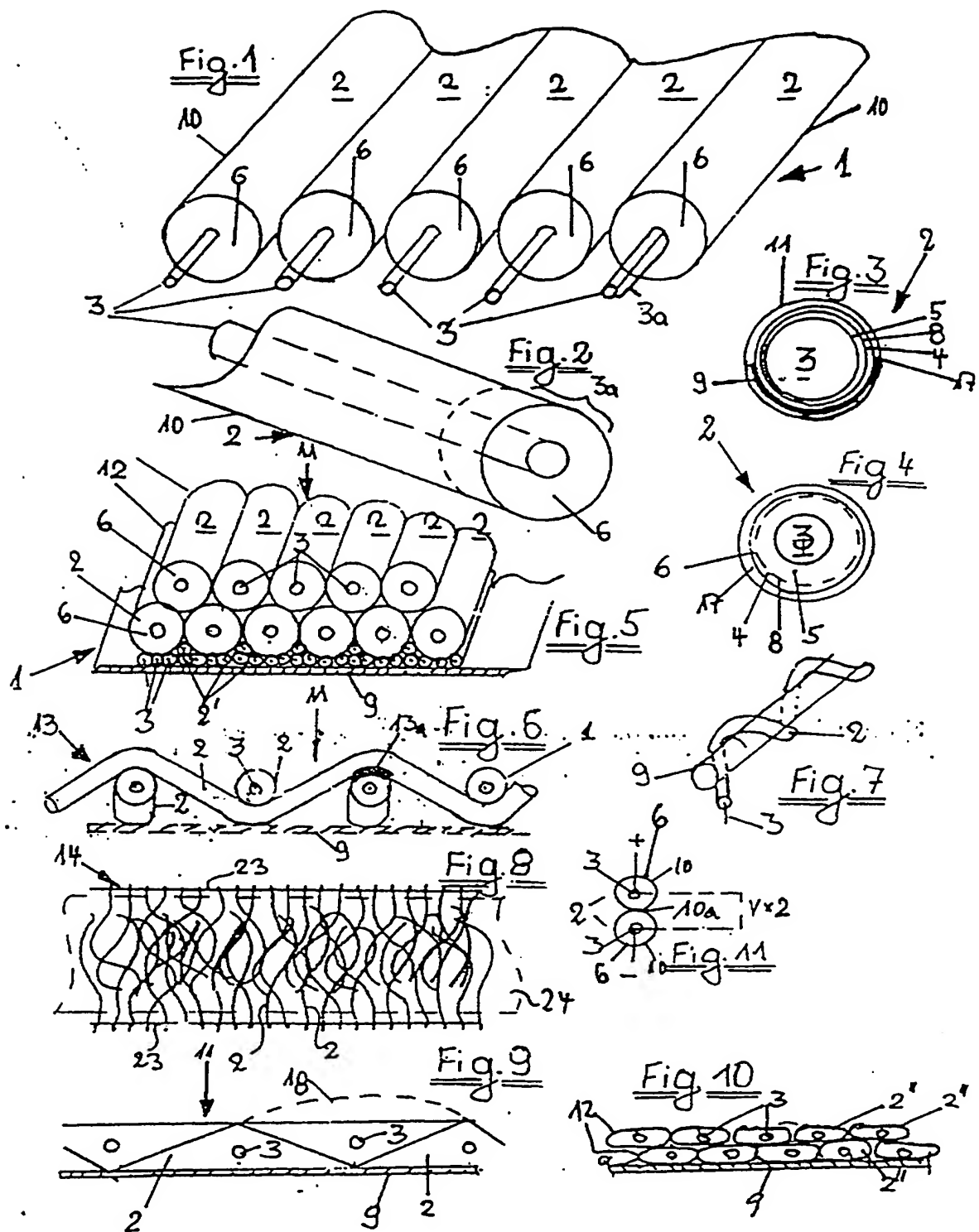


Fig. 17



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**